



Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <https://jmes.humg.edu.vn>



New points in TCVN 5575:2024 and the use of bi-moment in the strength verification of flexural members



Nhan Thi Pham*

Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:
Received 15th Jul. 2025
Revised 11th Nov. 2025
Accepted 5th Dec. 2025

Keywords:

Beam,
Bi-moment,
Connection,
Steel Structure,
Thin-walled beams.

ABSTRACT

In countries with advanced science and technology, important standards in the field of structural design for buildings and civil structures - particularly in steel and reinforced concrete structures - are constantly monitored, revised, or updated. The Vietnamese standard TCVN 5575:2012 - Steel Structures - Design Standard has been in effect for 13 years since its issuance and has now been replaced by the new version TCVN 5575:2024. This paper focuses on analyzing and presenting several notable updates introduced in TCVN 5575:2024, including: the structure of the standard, its scope of application, classification of structural members and structural groups, design strength of materials and steel structural connections, as well as reliability factors. In the structural design section, several updated aspects in the calculation of flexural members are analyzed with consideration of the bi-moment component. The application of TCVN 5575:2024 also emphasizes critical updates concerning material grades, reliability factors, and the effect of bi-moment forces in conducting strength checks and connection calculations for a Grade 1 steel beam with a closed rectangular hollow section and an open-section thin-walled C - beam. The analysis demonstrates that the updates in TCVN 5575:2024 - Steel Structures - Design Standard are harmonized with international standards, enhance structural safety, optimize design efficiency, and improve constructability in the field of steel structures.

Copyright © 2026 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: phamthinhhan@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2026.67(1).09



Một số điểm mới trong TCVN 5575:2024 và sử dụng bi mô men trong kiểm tra bền cấu kiện chịu uốn

Phạm Thị Nhân*

Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 15/7/2025

Sửa xong 11/11/2025

Chấp nhận đăng 5/12/2025

Từ khóa:

Bi mô men,

Dầm,

Dầm thành mỏng,

Liên kết,

Kết cấu thép.

Trên thế giới, các quốc gia có nền khoa học kỹ thuật phát triển liên tục kiểm soát và sửa đổi hoặc cập nhật nhiều tiêu chuẩn quan trọng trong lĩnh vực thiết kế kết cấu nhà và công trình, trong đó điển hình là kết cấu thép và bê tông cốt thép. TCVN 5575:2012 kết cấu thép - tiêu chuẩn thiết kế đã được 13 năm kể từ khi ban hành và hiện nay được thay thế bởi phiên bản mới TCVN 5575:2024. Bài báo này tập trung phân tích, giới thiệu một số điểm mới đáng chú ý trong TCVN 5575:2024 bao gồm: cấu trúc tiêu chuẩn, phạm vi sử dụng, phân cấp cấu kiện và nhóm kết cấu, cường độ tính toán của vật liệu và liên kết kết cấu thép, hệ số độ tin cậy. Trong phần thiết kế kết cấu một số điểm cập nhật trong tính toán cấu kiện chịu uốn được phân tích có xét đến thành phần bi mô men. Bài báo áp dụng tiêu chuẩn TCVN 5575:2024 có chú ý đến các điểm cập nhật quan trọng về mức vật liệu, hệ số độ tin cậy, ảnh hưởng của nội lực bi mô men để triển khai kiểm tra bền và tính toán liên kết cho một dầm thép cấp 1 có tiết diện kín hình hộp chữ nhật và 1 dầm thép hình chữ C (I). Qua phân tích cho thấy rằng những cập nhật trong kết cấu thép - tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5575:2024 hài hòa với các tiêu chuẩn quốc tế, nâng cao tính an toàn, tối ưu hóa thiết kế và cải thiện khả năng thi công trong lĩnh vực kết cấu thép.

© 2026 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

*Tác giả liên hệ

E - mail: phamthinhhan@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2026.67(1).09

1. Mở đầu

Hiện nay ngành xây dựng Việt Nam đã có những bước phát triển mạnh mẽ, kéo theo nhu cầu nâng cao chất lượng và độ an toàn của các công trình kết cấu thép. Việc cập nhật và điều chỉnh tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép là cần thiết để đáp ứng yêu cầu thực tiễn, đảm bảo tính bền vững và hiệu quả kinh tế.

Tiêu chuẩn TCVN 5575:2024 ra đời nhằm thay thế phiên bản trước đó là TCVN 5575:2012 với nhiều cải tiến quan trọng về phương pháp tính toán cường độ, yêu cầu thiết kế liên kết, cũng như các quy định liên quan đến vật liệu và tải trọng. Những thay đổi này giúp tiêu chuẩn tiệm cận hơn với các quy chuẩn quốc tế, đồng thời phù hợp với điều kiện thực tế của Việt Nam, tránh lãng phí vật liệu cho chủ đầu tư hướng tới phát triển bền vững.

Bài báo này tập trung phân tích một số điểm mới trong TCVN 5575:2024, đặc biệt là các nội dung liên quan đến cường độ tính toán và thiết kế liên kết kết cấu thép, ảnh hưởng bi mô men trong các bài toán kiểm tra bền cho cấu kiện dầm có tiết diện kín, tiết diện hở. Một số nghiên cứu trước đây cho thấy ảnh hưởng của nội lực bi mô men cần được xem xét đến khi tính toán bền cho cấu kiện chịu uốn, nhất là với các thanh thành mỏng có tiết diện hở. Thông qua phân tích điểm cập nhật quan trọng của TCVN 5575:2024, bài viết giúp các kỹ sư, nhà thiết kế và đơn vị thi công nắm bắt được những điều chỉnh quan trọng, áp dụng hiệu quả trong thực tiễn thiết kế một số dạng kết cấu thép công trình.

2. Tổng quan về TCVN 5575:2024

2.1. Giới thiệu về TCVN 5575:2024

TCVN 5575:2012 được biên soạn dựa trên tiêu chuẩn SNIP II-23-81 của Liên Xô (cũ) về thiết kế kết cấu thép, (Ministry of Construction of the Russian Federation, 2017a). Đây là một tiêu chuẩn quan trọng đã được sử dụng nhiều trong thiết kế kết cấu thép tại Việt Nam. Tiêu chuẩn TCVN 5575:2024 - Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế là phiên bản mới nhất thay thế cho TCVN 5575:2012, với nhiều cập nhật quan trọng nhằm nâng cao độ an toàn, tối ưu hóa thiết kế và phù hợp hơn với các tiêu chuẩn quốc tế như Eurocode 3 (EN 1993-1-1) và AISC (American Institute of Steel Construction), SP 16.13330.2017, SP

294.1325800.2017, (Ministry of Construction of the Russian Federation, 2017a, 2017b).

Tiêu chuẩn TCVN 5575:2024 bao gồm các nguyên tắc thiết kế, tính toán khả năng chịu lực của kết cấu thép trong công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp. Ngoài ra, tiêu chuẩn còn hướng dẫn về các phương pháp xác định nội lực, lựa chọn vật liệu và các yêu cầu đối với liên kết kết cấu.

Phạm vi áp dụng của TCVN 5575:2024 bao gồm các yêu cầu và hướng dẫn để thiết kế và tính toán kết cấu thép cho nhà và công trình với nhiều công năng sử dụng khác nhau, hoạt động trong khoảng nhiệt độ từ -60°C đến $+100^{\circ}\text{C}$. Tuy nhiên với các kết cấu thép của cầu, đường hầm giao thông và ống dưới đất lấp tiêu chuẩn chưa đề cập đến.

Về cấu trúc TCVN 5575:2024 được bổ sung 18 đầu mục lớn, 11 phụ lục so với tiêu chuẩn cũ là 11 đầu mục, 8 phụ lục. Đặc biệt tiêu chuẩn mới được cập nhật các thuật ngữ, định nghĩa và ký hiệu của đặc trưng hình học, vật liệu, lực, mô men và ứng suất rất rõ ràng. Các ký hiệu được kèm theo đơn vị giúp cho việc qui đổi đơn vị, dễ kiểm soát khi tính toán hoặc lập trình tránh bị nhầm lẫn.

Trong tính toán ổn định của dầm và cột chịu uốn - kéo - nén bổ sung thêm về lực bi mô men (B), hệ số điều chỉnh mô men uốn, tọa độ quạt.

Việc tính toán thành phần bi mô men giúp phản ánh ảnh hưởng của mô men uốn phân bố không đều dọc theo chiều dài cấu kiện. Do vậy trong các dầm thép, dầm liên hợp hoặc cột chịu tải trọng lớn, nếu không tính đến bi mô men đúng cách, kết cấu có thể bị mất ổn định uốn, xoắn sớm hơn dự kiến. Việc điều chỉnh giá trị mô men uốn để tránh thiết kế quá bảo thủ. Khi xét đến sự phân bố mô men thực tế, ta có thể giảm bớt ứng suất thiết kế cho một số vùng trong cấu kiện, giúp tối ưu hóa kích thước thép và tiết kiệm vật liệu. Với các cột hoặc dầm có liên kết đàn hồi (liên kết gối tựa, liên kết khớp cứng), bi mô men ảnh hưởng đến hệ số uốn xoắn đàn hồi và phương pháp kiểm tra độ võng. Nếu bi mô men không được xét đến đúng cách, kết cấu có thể bị thiết kế thiếu an toàn hoặc quá an toàn không cần thiết.

2.2. Một số thay đổi so với TCVN 5575:2012

2.2.1. Phân cấp cấu kiện và phân nhóm kết cấu

a) Phân nhóm cấu kiện: So với phiên bản trước, TCVN 5575:2024 có một số điểm cải tiến

đáng chú ý như: xem xét đầy đủ các trạng thái ứng suất- biến dạng của tiết diện ngang cấu kiện chịu lực trong quá trình làm việc để phân cấp cấu kiện và nhóm kết cấu: tiêu chuẩn mới phân chia cấu kiện thành ba cấp dựa trên trạng thái ứng suất - biến dạng của tiết diện. Các cấp bao gồm cấp 1: trạng thái đàn hồi của tiết diện ($\sigma < |f_{yd}|$), cấp 2: trạng thái đàn dẻo của tiết diện: trên tiết diện có một phần $\sigma < |f_{yd}|$ và một phần $\sigma = |f_{yd}|$ và cấp 3: trạng thái dẻo của tiết diện (khớp dẻo quy ước): $\sigma = |f_{yd}|$.

Chẳng hạn xét dầm tiết chữ I với các giai đoạn ứng suất ứng với phân cấp dầm được mô tả như Hình 1.

Có thể thấy việc phân cấp cấu kiện này giúp thiết kế kết cấu thép theo TCVN 5575:2024 phù hợp và tiết kiệm hơn so với tiêu chuẩn cũ.

Ví dụ: theo điều 8.1 khi tính toán cấu kiện chịu uốn để phù hợp với việc phân chia cấu kiện thành ba cấp theo 4.2.7 quy định được thực hiện như Bảng 1:

b) Phân nhóm kết cấu: kết cấu thép được chia làm 4 nhóm dựa trên các điều kiện có liên quan

như công năng sử dụng, các điều kiện làm việc và liên kết. Dựa trên sự phân nhóm này các yêu cầu thiết kế, vật liệu, phương pháp kiểm tra chất lượng được xác định rõ ràng.

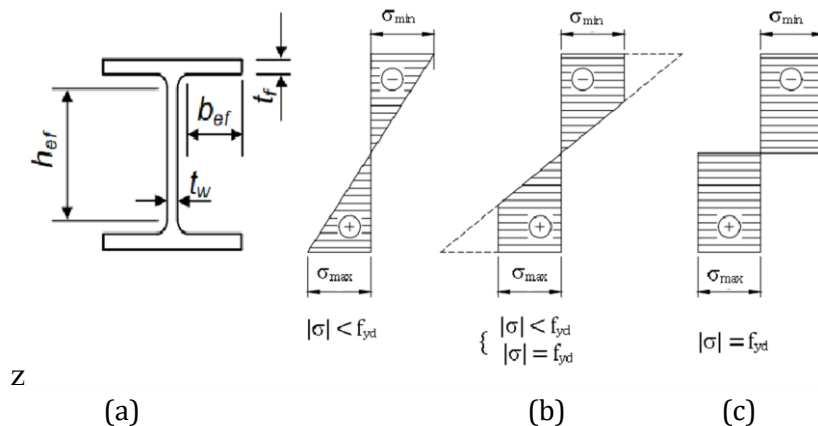
Mỗi nhóm kết cấu có mức độ quan trọng khác nhau, dẫn đến yêu cầu thiết kế, vật liệu và kiểm tra chất lượng cũng khác nhau. Chẳng hạn đối với cấu kiện chịu kéo hoặc chịu nén đúng tâm và nén lệch tâm với biện pháp gia cường không đối xứng (mục 18.3.13 trong TCVN 5575:2024) tính như sau:

$$\left(\frac{1}{f_{yd}\gamma_m\gamma_c}\right)\left(\frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x}y + \frac{M_y}{I_y}x\right) \leq 1 \quad (1)$$

Trong đó: hệ số độ tin cậy về vật liệu γ_m được lấy phụ thuộc vào phân nhóm kết cấu như sau: $\gamma_m = 0,95$ - đối với kết cấu thuộc nhóm 1, $\gamma_m = 1$ - đối với kết cấu thuộc nhóm 2,3,4; γ_c - hệ số điều kiện làm việc; f_{yd} - cường độ chịu kéo, nén, uốn tính toán của thép theo giới hạn chảy, MPa; A - diện tích tiết diện ngang của cấu kiện, mm²; N , M_x , M_y - lần lượt là lực dọc, các mô men uốn đối với các trục tương ứng $x-x$ và $y-y$, Nmm; x , y - các khoảng cách từ các trục chính đến điểm đang xét của tiết diện.

Bảng 1. Quy định tính toán cấu kiện chịu uốn (dầm) theo phân cấp cấu kiện (TCVN 5575:2024).

Cấu kiện	Đặc trưng tải trọng, giới hạn biến dạng
1	Tất cả tải trọng, tính toán trong giới hạn biến dạng đàn hồi; Dầm đỡ cầu trục cho cầu trục thuộc các nhóm chế độ làm việc từ A1 đến A8 theo TCVN 8590-1:2010 (ISO 4301-1:1986).
2	Dùng cho tải trọng tĩnh, tính toán có kể đến biến dạng dẻo; Dầm hai loại thép.
3	Dùng cho tải trọng tĩnh, tính toán có kể đến biến dạng dẻo;



Hình 1. Các trạng thái ứng suất trên tiết diện của dầm thép I: (a) trạng thái đàn hồi, (b) trạng thái đàn dẻo, (c) trạng thái dẻo của tiết diện, khớp dẻo quy ước). Chú thích: t_w - chiều dày bản bụng dầm, mm; b_{ef} - chiều rộng tính toán, mm; t_f - chiều dày bản cánh, mm; h_{ef} - chiều cao tính toán của bản bụng, mm.

Có thể thấy với kết cấu quan trọng cần tuân thủ theo tiêu chuẩn nghiêm ngặt đảm bảo an toàn lâu dài. Ngược lại, không nhất thiết phải thiết kế kết cấu theo yêu cầu tiêu chuẩn thiết kế cao như sử dụng vật liệu hoặc phương pháp thi công tốn kém cho các kết cấu ít quan trọng.

Đây là điểm mà TCVN 5575:2012 không có. Điểm cập nhật mới này ngoài việc thiết kế phù hợp và tiết kiệm hơn. Ngoài ra khi so sánh với tiêu chuẩn Eurocode 3 (EN 1993-1-1): cũng phân loại tiết diện theo trạng thái ứng suất với các cấp Class 1 đến Class 4, (European Committee for Standardization, 2006). AISC 360-16 (Mỹ): phân thành Compact, Non-Compact, Slender (3 cấp) dựa vào tỷ lệ b/t. TCVN 5575:2024 kế thừa các nguyên tắc này, giúp thiết kế thép phù hợp với tiêu chuẩn quốc tế (American Institute of Steel Construction, 2016).

2.2.2. Cường độ tính toán của vật liệu và liên kết kết cấu thép

Mác vật liệu của thép kết cấu công dụng chung được quy định lấy theo TCVN 9986:2013 (ISO 630-2:2011) bao gồm các mác thép S235; S275; S355 và S450 trong đó S450 chỉ áp dụng cho sản phẩm dài. So với TCVN 5575:2012 có thể thấy một số những điểm thay đổi cơ bản như sau: ứng với mỗi mác thép có các cấp chất lượng B, C, D. Giới hạn chảy nhỏ nhất thay đổi theo chiều dày danh nghĩa của thép. Trong tiêu chuẩn mới khi lựa chọn vật liệu cho kết cấu cần xét đến 4 nhóm kết cấu (Bảng A1 phụ lục A) cũng như các yếu tố khác như nhiệt độ, độ dai va đập và phần hóa học nhằm mục đích đáp ứng mục đích sử dụng đối với vật liệu thép làm kết cấu.

Các tính chất vật lý của thép kết cấu hầu như không có nhiều thay đổi ngoài trừ hai giá trị là mô đun đàn hồi E của thép cán và khối đúc bằng thép là $E = 2,06.10^5$ MPa và Mô đun trượt của thép cán và khối đúc bằng thép $G = 0,79.10^5$ MPa, (Viện tiêu chuẩn Chất lượng Việt Nam, 2024). Hai giá trị này giảm so với TCVN 5575:2012 là $E = 2,1.10^5$ MPa, $G = 0,81.10^6$ MPa, (Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012). Điều này có nghĩa là độ cứng của vật liệu theo tiêu chuẩn mới giảm. Những lưu ý về thay đổi một số tính chất cơ lý của vật liệu thép khá quan trọng vì khi tính toán chuyển vị hoặc là chạy các mô hình trong các phần mềm tính toán kết cấu Etap, Sap,... thông số mô đun đàn hồi E, Mô đun trượt G cần được khai báo chính xác. Trong tiêu chuẩn TCVN

5575:2024 giới hạn bền kéo tương ứng với giá trị chiều dày danh nghĩa ≥ 3 mm và ≤ 100 mm là một khoảng giá trị, ví dụ:

Bảng 2. Giới hạn bền kéo của thép.

Mác thép	TCVN	f_u (MPa)
CCT34	5575-2012	340
S235	5575-2024	$360 \div 510$

Ký hiệu cường độ tính toán của thép cán, thép uốn định hình và thép ống theo tiêu chuẩn mới theo giới hạn chảy, giới hạn bền kéo cập nhật mới lần lượt là: f_{yd} và f_{ud} . Trong đó khi tính toán phá hoại cho ép mặt bu lông, thanh chịu kéo cột điện,... các cấu kiện sử dụng vật liệu thép có giới hạn chảy $f_y > 440$ MPa có bổ sung cường độ tính toán thép tính theo cường độ kéo đứt: ký hiệu là f_{ud} .

Về phần liên kết: về mặt cường độ, với liên kết hàn có một số thay đổi như sau: Ký hiệu thép que hàn được quy định lấy theo TCVN 3223:2000 (Bộ Khoa học và Công nghệ, 2000). Với liên kết hàn chịu tác dụng của lực N đi qua trọng tâm liên kết về mặt bản chất không có nhiều thay đổi tuy nhiên công thức sử dụng khi tính toán có sự thay đổi định dạng như sau:

+ Đường hàn đối đầu:

$$\frac{N}{tL_w f_w \gamma_c} \leq 1 \quad (2)$$

Trong đó: t - chiều dày mỏng nhất của cấu kiện trong liên kết hàn; L_w - chiều dài tính toán của đường hàn.

+ Đường hàn góc:

$$\text{Khi } \frac{\beta_f f_{wf}}{\beta_s f_{ws}} \leq 1 \text{ theo kim loại đường hàn}$$

$$\frac{N}{\beta_f h_f L_w f_{wf} \gamma_c} \leq 1;$$

$$\text{Khi } \frac{\beta_f f_{wf}}{\beta_s f_{ws}} > 1 \text{ theo kim loại biên nóng chảy}$$

$$\frac{N}{\beta_s h_f L_w f_{wf} \gamma_c} \leq 1.$$

Trong đó: L_w - chiều dài đường hàn theo tính toán; β_s, β_f - hệ số tra theo Bảng 42 TCVN 5575:2024; f_{wf}, f_{ws} - cường độ chịu cắt (cắt quy ước) tính toán của đường hàn góc theo kim loại đường hàn và theo kim loại biên nóng chảy.

Với liên kết sử dụng bu lông với TCVN 5575:2024 cường độ tính toán bulông cao hơn so với tiêu chuẩn cũ. Có thể so sánh giữa Bảng 9 mục 6.2.3 tiêu chuẩn cũ và Bảng 5 mục 6.5 tiêu chuẩn mới.

Trong tiêu chuẩn mới cập nhật cấp độ bền 12.9, bỏ cấp độ bền thấp 4.6, 4.8 và 6.6. Sử dụng "bulông cấp chính xác loại A và loại B" thay thế

thuật ngữ "bulông tinh và thô" trong tiêu chuẩn cũ để thống nhất và rõ ràng hơn trong việc xác định cấp chính xác của bulông. Phiên bản 2024 cũng quy định cấp độ bền của đai ốc phải phù hợp với cấp độ bền của bulông tương ứng, đảm bảo sự đồng bộ và an toàn trong liên kết. Ví dụ khi bu lông làm việc chịu cắt và kéo đồng thời với bu lông có cấp độ bền 5.6 và 5.8 thì dùng đai ốc cấp độ bền 5.

Một số cập nhật này trong TCVN 5575:2024 nhằm nâng cao cường độ tính toán của bulông, đảm bảo an toàn và hiệu quả cho các công trình sử dụng kết cấu thép.

2.2.3. Hệ số tin cậy

Tiêu chuẩn TCVN 5575:2024 có những thay đổi chính về các hệ số độ tin cậy trong thiết kế kết cấu thép so với phiên bản 2012, bao gồm:

- Hệ số tin cậy về tầm quan trọng của công trình γ_n , lấy theo TCVN 2737:2023. Công trình có mức độ quan trọng cao như cầu, nhà cao tầng, công trình công cộng lớn thì hệ số độ tin cậy cao hơn để đảm bảo độ tin cậy, còn công trình có mức độ quan trọng thấp như nhà xưởng, kho bãi thì có thể giảm để tối ưu chi phí. Giúp tối ưu hóa thiết kế theo loại công trình thay vì áp dụng một hệ số cố định cho tất cả.

- Hệ số tin cậy γ_n đối với cấu kiện tính toán theo giới hạn bền fud theo hướng tương thích với Eurocode 3 (EN 1993-1-1), giúp các kỹ sư dễ dàng áp dụng và tích hợp với phần mềm mô phỏng kết cấu hiện đại hệ số.

- Hệ số tin cậy của thép γ_m với thép cán và thép ống theo TCVN và tiêu chuẩn nước ngoài không thay đổi, có bổ sung thêm đối với công trình tạm: $\gamma_m = 1,0$. Tiêu chuẩn mới bổ sung hệ số độ tin cậy về ổn định hệ tổng thể $\gamma_s = 1,3$.

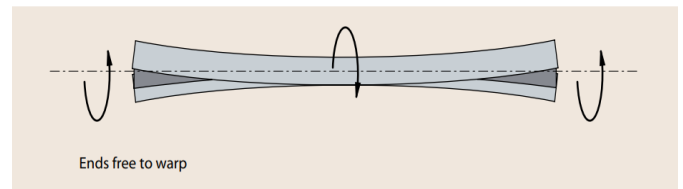
Những cập nhật này trong TCVN 5575:2024 nhằm nâng cao độ chính xác và an toàn trong thiết kế kết cấu thép, tiệm cận hơn với các tiêu chuẩn quốc tế, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho việc áp dụng các phần mềm chuyên dụng trong tính toán kết cấu.

2.2.4. Tính bền cấu kiện chịu uốn có xét đến thành phần bi mô men

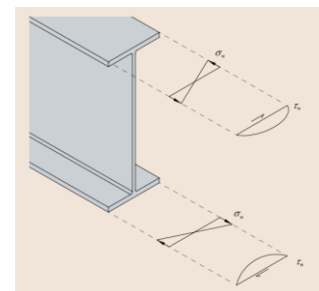
Phần tính toán độ bền dầm cấp 1 về mặt bản chất thì giống TCVN 5575:2012, tuy nhiên các công thức thay đổi định dạng. Những thay đổi mới trong tính toán cấu kiện chịu uốn có thể kể đến như: tính đến ảnh hưởng của thành phần bi

mô men, tính toán cấu kiện chịu xoắn kiểm chế, tính toán độ bền của dầm đỡ cầu trục và kiểm tra ổn định bản bụng và bản cánh của cấu kiện chịu uốn tiết diện đặc được thực hiện với nhiều điểm mới so với tiêu chuẩn cũ. Chẳng hạn, khi xét đến độ mảnh quy ước của bản bụng $\bar{\lambda}_w$ không được vượt quá giá trị giới hạn $\bar{\lambda}_{uw}$, trong đó phải xét đến sự có mặt của đường hàn cánh và cấu tạo đường hàn một bên, hai bên hoặc cả hai, (Viện tiêu chuẩn Chất lượng Việt Nam, 2024).

Khi biến dạng xoắn của mặt cắt ngang bị hạn chế, các ứng suất dọc và ứng suất cắt bổ sung sẽ phát triển. Để minh họa ảnh hưởng của sự hạn chế biến dạng xoắn, dưới đây là minh họa một đoạn dầm chữ I với một mô men xoắn tác dụng tại điểm giữa. Sự dịch chuyển của dầm sau đó sẽ được minh họa trong Hình 2. Các dịch chuyển do biến dạng xoắn của hai nửa dầm tại điểm giữa sẽ theo hướng ngược nhau. Nhưng vì dầm trong Hình 3 là liên tục tại trung điểm, nên biến dạng xoắn bị hạn chế hoàn toàn tại vị trí đó. Do đó, cả hai cánh dầm đều bị hạn chế uốn trong mặt phẳng, và dầm sẽ xoắn với tốc độ thay đổi trên mỗi nửa nhịp. Tại bất kỳ điểm nào trong nhịp, mô men xoắn được chịu một phần dưới dạng xoắn St Venant (tức là do ứng suất cắt St Venant) và một phần dưới dạng xoắn do biến dạng xoắn bị hạn chế (tức là do ứng suất cắt gây ra bởi sự hạn chế của biến dạng xoắn). Độ lớn tương đối của các tác động xoắn St Venant và các tác động xoắn do biến dạng phụ thuộc vào hằng số



Hình 2. Dầm tiết diện I chịu mô men xoắn tại điểm giữa nhịp (Bureau, 2010).



Hình 3. Ứng suất biến dạng xoắn đàn hồi trong tiết diện chữ I (Bureau, 2010).

uốn xoắn, vốn lại phụ thuộc vào loại tiết diện (Steel Construction Institute, 2004). Bảng 3 chỉ ra mức độ ảnh hưởng của tác động xoắn tùy thuộc vào các loại tiết diện.

Nhìn chung trong trường hợp tải trọng đặt lệch tâm so với tâm cắt của tiết diện ngang thì phải tính đến ảnh hưởng của tác động xoắn. Có thể giảm mô men xoắn bằng cách kiểm chế, ví dụ hàn bản cánh nén dầm phụ định hình vào bản sàn (Nguyễn, 2023).

Sự cong vênh kết cấu do xoắn sẽ sinh ra nội lực là bi mô men B_ω . Kết cấu chịu nén uốn hoặc kéo uốn khi không có tải trọng động được kiểm tra bền như trong TCVN 5575:2024. Đối với các cấu kiện chịu uốn (dầm thép) phải chú ý yêu cầu không kể đến hoặc có kể đến biến dạng dẻo để đảm bảo với quy định trong tiêu chuẩn về phân chia cấu kiện thành ba cấp. Có xét đến mô men xoắn kiểm chế (bi mô men) cho dầm chịu uốn 2 phương - dầm cấp 1. Chẳng hạn với cấu kiện chịu uốn (dầm cấp 1) khi có tác dụng của các mô men trong hai mặt phẳng chính dầm được kiểm tra bền có mặt của thành phần bi mô men như sau (Viện tiêu chuẩn Chất lượng Việt Nam, 2024):

$$\frac{M_x}{I_{xn}f_{yd}\gamma_c}y \pm \frac{M_y}{I_{yn}f_{yd}\gamma_c}x \pm \frac{B_\omega}{I_{\omega n}f_{yd}\gamma_c} \leq 1 \quad (3)$$

Trong đó: x, y - các khoảng cách từ các trục chính đến điểm đang xét của tiết diện, mm; ω - tọa độ quạt của điểm đang xét; B - bi mô men; I_{xn}, I_{yn} - các mô men quán tính của tiết diện thực đối với các trục tương ứng $x-x$ và $y-y$, mm⁴; $I_{\omega n}$ - mô men quán tính quạt của tiết diện thực, mm⁶; γ_c - hệ số điều kiện làm việc; f_{yd} - cường độ chịu kéo, nén, uốn tính toán của thép theo giới hạn chảy, MPa; M_x, M_y - các mô men uốn đối với các trục tương ứng $x-x$ và $y-y$, Nmm.

Với dầm không liên tục cấp 2 và cấp 3 khi kiểm tra độ bền tại tiết diện có $M_x = 0$ và $M_y = 0$

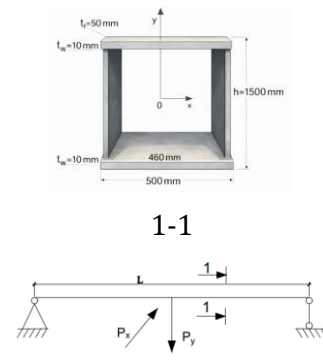
công thức được mở rộng cho cả phần cánh và bụng dầm theo công thức sau:

$$\frac{V_x}{A_w f_v \gamma_c} \leq 1 \text{ và } \frac{V_y}{A_f f_v \gamma_c} \leq 1 \quad (4)$$

Trong đó: A_f, A_w - lần lượt là diện tích tiết diện một cánh và bụng dầm, mm²; f_v - cường độ chịu trượt tính toán của thép, MPa; V_x, V_y - lực cắt theo hai phương x và phương y trong tiết diện dầm.

3. Hướng dẫn áp dụng TCVN 5575:2024 kiểm tra bền cho 1 dầm đơn giản tiết diện hình hộp có xét ảnh hưởng của bi mô men

Ví dụ 1: Tiết diện kín hình hộp thường được dùng khi dầm chịu tải trọng lớn hoặc khi dầm chịu tác dụng của mô men uốn M_x và M_y trong cả hai mặt phẳng. Bài toán dưới đây khảo sát dầm phổ thông tiết diện dạng hộp chữ nhật. Xét một dầm chịu tải giữa nhịp gồm 2 lực tập trung (tiêu chuẩn) đặt tại cánh dưới dầm $P_{(k,y)} = 1400$ kN và $P_{(k,x)} = 250$ kN ở vị trí giữa dầm. Dầm thép tiết diện kín dạng hình hộp chữ nhật, có kích thước tiết diện như Hình 4. Nhịp dầm $L = 15$ m. Đầu dầm được cố định khỏi chuyển vị thẳng theo trục x, y và chuyển



Hình 4. Mặt bằng và mặt cắt dầm.

Bảng 3. Tầm quan trọng của xoắn ST Venant và xoắn do biến dạng đối với các loại tiết diện khác nhau (Bureau, 2010).

Loại tiết diện	Hình dạng	ST Venant	Biến dạng
Tiết diện rỗng tròn	o	v	-
Tiết diện rỗng hình chữ nhật	◊ □ o	v	x
Góc, chữ T và tiết diện dạng thánh giá	T, L, +	v	x
Tiết diện cán và chế tạo hai cánh	I, H	v	v
Tiết diện mỏng tạo hình nguội	Z, Σ	x	v

Trong đó: v - quan trọng; x - không đáng kể; - : không có tác dụng.

vị quay quanh trục z, hệ số tin cậy $\gamma_f = 1,2$; $\gamma_c = 1,1$. Vật liệu thép S275, chất lượng B. Yêu cầu kiểm tra bền cho dầm.

3.1. Tính đặc trưng hình học tiết diện dầm

Mô men quán tính theo phương x:

$$I_x = 2 \cdot \frac{t_w \cdot h_w^3}{12} + 2 \cdot t_f \cdot b_f \left(\frac{t_f + h_w}{2} \right)^2$$

$$= 2 \cdot \frac{1 \cdot 140^3}{12} + 2 \cdot 50 \cdot 72,5^2$$

$$= 3\,085\,458,33 \text{ cm}^4;$$

Mô men quán tính theo phương y:

$$I_y = 2 \cdot \frac{t_f \cdot b_f^3}{12} + 2 \cdot t_w \cdot h_w \left(\frac{b_f - 2 - t_w}{2} \right)^2$$

$$= 2 \cdot \frac{5 \cdot 50^3}{12} + 2 \cdot 1 \cdot 140 \cdot 23,5^2 = 258\,796,67 \text{ cm}^4$$

Mô men kháng uốn theo hai phương x, y:

$$W_x = \frac{2 \cdot I_x}{h} = \frac{2 \cdot 3\,085\,458,33}{150} = 41\,139,44 \text{ cm}^3;$$

$$W_y = \frac{2 \cdot I_y}{b_f} = \frac{2 \cdot 258\,796,67}{50} = 10\,351,87 \text{ cm}^3$$

3.2. Tính thành phần nội lực

Mô men uốn theo hai phương M_x , M_y và mô men xoắn tự do M_{x0} :

$$M_x = P_{k,y} \cdot \gamma_f \cdot \frac{L}{4} = 1\,400 \cdot 1,2 \cdot \frac{15}{4} = 6\,300 \text{ kNm};$$

$$M_y = P_{k,x} \cdot \gamma_f \cdot \frac{L}{4} = 250 \cdot 1,2 \cdot \frac{15}{4} = 1\,125 \text{ kNm}$$

$$M_{x0} = P_{k,x} \cdot \gamma_f \cdot \frac{h}{2} = 250 \cdot 1,2 \cdot 0,75 = 225 \text{ kNm}$$

Lực cắt theo hai phương x, y:

$$V_y = \frac{P_{k,y} \cdot \gamma_f}{2} = \frac{1400 \cdot 1,2}{2} = 840 \text{ kN}$$

$$V_x = \frac{P_{k,x} \cdot \gamma_f}{2} = \frac{250 \cdot 1,2}{2} = 150 \text{ kN}$$

Trọng lượng bản thân dầm:

$$g_d = 1,1 \cdot A \cdot \gamma_{th} = 1,1 \cdot 2 \cdot (50,5 + 140,1) \cdot 10^{-4} \cdot 78,5$$

$$= 6,43 \text{ kN/m}$$

Mô men uốn và lực cắt do trọng lượng bản thân dầm:

$$M_{bt}^d = \frac{g_d \cdot L^2}{8} = \frac{6,43 \cdot 15^2}{8} = 180,82 \text{ kNm};$$

$$V_{bt}^d = \frac{g_d \cdot L}{2} = \frac{6,43 \cdot 15}{2} = 48,22 \text{ kN}.$$

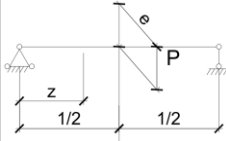
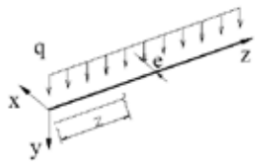
3.3. Tính tọa độ quạt σ_ω và giá trị nội lực bi mô men

Với dầm trong bài toán thuộc dạng thành mỏng, tiết diện kín để tính đến ảnh hưởng của xoắn kiểm chế đối với sự làm việc của thanh thành mỏng đề xuất tọa độ quạt ω cũng như các đặc trưng khác: mô men quán tính quạt I_ω , mô men kháng uốn quạt W_ω ; mô men tĩnh quạt S_ω , độ lệch tâm của tải trọng so với tâm uốn e, tải trọng q, tải trọng tập trung tác dụng P. Các đại lượng này được xác định như sau:

Nếu dầm chịu uốn xoắn thì kiểm tra dầm như cấu kiện tiết diện đặc chịu nén lệch tâm. Theo Bảng 4, sơ đồ đặt tải tại điểm $z = L/2$.

Công thức tính các đặc trưng quạt cho tiết diện hình hộp là (Hoàng và nnk, 2024):

Bảng 4. Công thức tính σ_ω , M_ω và M_{x0} cho dầm đơn giản chịu lực tập trung giữa dầm (Hoàng và nnk, 2024).

STT	Sơ đồ dầm và tải trọng	B_ω	M_ω	M_{x0}
1		$\frac{Pe \cdot \text{sh}(kz)}{2 \cdot k \cdot \text{ch}\left(\frac{kL}{2}\right)}$ B_ω lớn nhất tại $z = L/2$	$\frac{Pe \cdot \text{ch}(kz)}{2 \cdot \text{ch}\left(\frac{kL}{2}\right)}$ M_ω lớn nhất tại $z = L/2$	$\frac{Pe}{2} \left[1 - \frac{\text{ch}(kz)}{\text{ch}\left(\frac{kL}{2}\right)} \right]$ lớn nhất tại $z = 0$
2		$\frac{q \cdot e}{k^2} \left(1 - \frac{\text{ch}\left(\frac{k(l-2z)}{2}\right)}{\text{ch}\left(\frac{kl}{2}\right)} \right)$ B_ω lớn nhất tại $z = L/2$	$\frac{q \cdot e}{k} \left(\frac{\text{sh}\left(\frac{k(l-2z)}{2}\right)}{\text{ch}\left(\frac{kl}{2}\right)} \right)$ M_ω lớn nhất tại $z = L/2$	$\frac{q \cdot e}{k} \left\{ \frac{k \left(\frac{1}{2} - z \right) - \text{sh}\left[k \left(\frac{1}{2} - z \right) \right]}{\text{ch}\left(\frac{kl}{2}\right)} \right\}$

$$k = \sqrt{\frac{19,2 \cdot t_w \cdot t_f}{(bt_w + ht_f)(bt_f + ht_w)}}$$

$$= \sqrt{\frac{19,2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4}}{(50,1 + 150,5) \cdot (50,5 + 150,1) \cdot 10^{-8}}}$$

$$= 1,73 \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{kL}{2} = \frac{1,73 \cdot 15}{2} = 12,99; \text{th}\left(\frac{kL}{2}\right) = \text{th}(12,99) = 1$$

$$B_\omega = \frac{F_x e \cdot \text{sh}\left(\frac{kL}{2}\right)}{2 \cdot k \cdot \text{ch}\left(\frac{kL}{2}\right)} = \frac{M_{x0}}{2k} \cdot \text{th}\left(\frac{kL}{2}\right)$$

$$= \frac{22\,500}{2,1,73} \cdot 1 = 649\,519,05 \text{ kNcm}^2$$

Mô men quán tính quạt chính:

$$I_\omega = \frac{1}{24} b^2 h^2 \left(\frac{bt_w - ht_f}{bt_w + ht_f} \right)^2 \cdot (bt_f + ht_w)$$

$$= \frac{1}{24} 50^2 \cdot 150^2 \cdot 10^{-8} \left(\frac{50,1 - 150,5}{50,1 + 150,5} \right)^2 \cdot (50,5 + 150,1) \cdot 10^{-4} = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^6$$

Tọa độ quạt lớn nhất:

$$\omega_{max} = \frac{bh}{4} \left(\frac{bt_w - ht_f}{bt_w + ht_f} \right)$$

$$= \frac{50 \cdot 150 \cdot 10^{-4}}{4} \left(\frac{50,1 - 150,5}{50,1 + 150,5} \right)$$

$$= -0,16 \text{ m}^2$$

Ứng suất do xoắn uốn kiềm chế:

$$\sigma_\omega = \frac{B_\omega}{I_\omega} \cdot \omega = \frac{64,95}{7,2 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,1$$

$$= 1,49 \cdot 10^4 \text{ kN/m}^2$$

$$= 1,49 \text{ kN/cm}^2$$

3.4. Kiểm tra bền theo ứng suất pháp cho tiết diện có tính đến ảnh hưởng của nội lực bị mô men

Thép S275 $\Rightarrow f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_m} = 275 : 1,05 = 261,1 \text{ MPa} = 26,1 \text{ kN/cm}^2$
 + Nếu không xét đến ảnh hưởng của mô men:

$$\frac{M_x}{I_{xn} f_{yd} \gamma_c} y + \frac{M_y}{I_{yn} f_{yd} \gamma_c} x \leq 1$$

$$\frac{(6\,300 + 180,82) \cdot 10^2}{3\,085\,458,26,1,1,1} + \frac{(1\,125) \cdot 10^2}{10\,351,87,26,1,1,1}$$

$$= 0,924 < 1 \Rightarrow \text{đảm bảo thỏa mãn điều kiện bền.}$$

+ Xét đến ảnh hưởng của mô men:

$$\frac{M_x}{I_{xn} f_{yd} \gamma_c} y + \frac{M_y}{I_{yn} f_{yd} \gamma_c} x + \frac{B \cdot \omega}{I_{\omega n} f_{yd} \gamma_c} \leq 1$$

$$\frac{(6\,300 + 180,82) \cdot 10^2}{3\,085\,458,26,1,1,1} + \frac{(1\,125) \cdot 10^2}{10\,351,87,26,1,1,1}$$

$$+ \frac{64,95,0,16}{7,2 \cdot 10^{-4} \cdot 26,1,1,1} = 1,18 > 1$$

Vậy đảm bảo không thỏa mãn điều kiện bền ứng suất pháp khi có tính đến ảnh hưởng của thành phần ứng suất σ_ω do xoắn kiềm chế.

3.5. Kiểm tra bền theo ứng suất tiếp (Vũ, 2023)

Ứng suất tiếp theo hai phương x, y:

$$\tau_x = \frac{V_y S_x}{I_x t} = \frac{3 \cdot V_y}{2(2t_w) \cdot h_w} = \frac{3 \cdot (840 + 48,22)}{2 \cdot 2,1 \cdot 140}$$

$$= 4,76 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_y = \frac{V_x S_y}{I_y t} = \frac{3 \cdot V_x}{2(2t_f) \cdot b_f} = \frac{3 \cdot (150)}{2 \cdot 2,5 \cdot 50}$$

$$= 0,45 \text{ kN/cm}^2$$

Ứng suất tiếp do xoắn thuần túy:

A_0 - Diện tích của phần mặt phẳng giới hạn bởi đường chu vi trung gian của mặt cắt ngang, $A_0 = 47,145 = 6815 \text{ cm}^2$

$$\tau_{x0}^w = \frac{M_{x0}}{2 \cdot A_0 \cdot t_w} = \frac{225 \cdot 10^2}{2 \cdot 6815 \cdot 1} = 1,65 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Thép S275} \Rightarrow f_v = \frac{0,58 f_y}{\gamma_m} = 275 \cdot 0,58 : 1,05 = 151,9 \text{ MPa} = 15,19 \text{ kN/cm}^2$$

Do tiết diện kín có thể bỏ qua giá trị τ_ω vì giá trị nhỏ và vùng ảnh hưởng chỉ lân cận biên ngàm nên:

$$\frac{\tau_x + \tau_y + \tau_{x0}^w}{f_v \cdot \gamma_c} = \frac{4,76 + 0,45 + 1,65}{15,19,1,1} = 0,408$$

$$< 1$$

Vậy đảm bảo thỏa mãn điều kiện bền ứng suất tiếp.

Kết quả tính toán minh họa trong bài báo cho thấy rằng việc xét đến ảnh hưởng của nội lực bi mô men trong kiểm tra bền cấu kiện chịu uốn là cần thiết, đặc biệt đối với các cấu kiện tiết diện kín, thành mỏng hoặc làm việc trong các hệ liên kết có ràng buộc xoắn. Cụ thể, trong ví dụ tính toán dầm hộp chịu uốn hai phương, khi không xét đến nội lực bi mô men, cấu kiện vẫn thỏa mãn điều kiện bền theo ứng suất pháp. Tuy nhiên, khi có xét đến thành phần ứng suất bổ sung do bi mô men gây ra

bởi biến dạng xoắn bị hạn chế, ứng suất tổng hợp vượt quá giới hạn cho phép, dẫn đến cấu kiện không đảm bảo điều kiện bền.

Ví dụ 2. Xác định ảnh hưởng xoắn cho một dầm chữ C ([] tạo hình nguội làm từ thép S275. Dầm đơn giản kê trên hai gối tựa, chịu lực phân bố đều $q = 2 \text{ kN/m}$, $L = 4 \text{ m}$, $b = 5 \text{ cm}$, $t = t_1 = 1,5 \text{ mm}$, $h = 15 \text{ cm}$. Dầm có các thông số như Bảng 5, Hình 5.

Thép có mô đun trượt $G = 0,79 \cdot 10^5 \text{ MPa}$.

Mô đun đàn hồi $E = 2,06 \cdot 10^5 \text{ MPa}$

Đặc trưng uốn - xoắn:

$$k = \sqrt{\frac{GI_t}{EI_\omega}} = \sqrt{\frac{0,79 \cdot 10^5 \cdot 0,0273}{2,06 \cdot 10^5 \cdot 316,92}} = 0,0057 \text{ cm}^{-1}$$

Khi tải trọng trên cánh trên của dầm đủ lớn gây ra biến dạng đủ lớn. Để tính đến sự phi tuyến hình học coi tải trọng phân bố đều trên bản cánh theo quy luật tam giác, (Lalin và nnk, 2012).

Độ lệch tâm của tải trọng so với tâm uốn:

$$e = |\alpha x| + \frac{b}{3} = 1,682 + \frac{5}{3} = 3,35 \text{ cm}$$

Mô men lớn nhất tại chính giữa dầm là:

$$M_x = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{2 \cdot 4^2}{8} = 4 \text{ (kN.m)} = 400 \text{ Kn.cm}$$

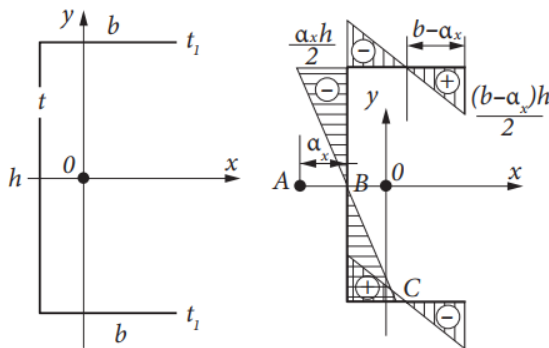
Theo Bảng 4, ta có giá trị bi mô men lớn nhất tại $z = l/2$ là:

$$\begin{aligned} B_\omega &= \frac{q \cdot e}{k^2} \left(1 - \frac{ch \frac{k(l-2z)}{2}}{ch \frac{kl}{2}} \right) \\ &= \frac{0,02 \cdot 3,35}{0,0057^2} \left(1 - \frac{1}{ch \frac{0,0057 \cdot 400}{2}} \right) \\ &= 865,53 \text{ kN.cm}^2 \end{aligned}$$

Giá trị quạt $\omega_1 = 24,9 \text{ cm}^2$; $\omega_2 = 12,6 \text{ cm}^2$; $\omega_3 = 12,6 \text{ cm}^2$, $\omega_4 = 24,9 \text{ cm}^2$ được tính theo hình 5b.

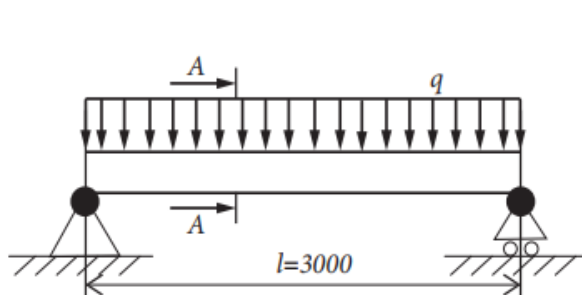
Bảng 5. Đặc trưng hình học của dầm chữ [(Tikhonov và nnk, 2020).

Diện tích tiết diện ngang	A	cm ²	3,64
Momen quán tính xoắn thuần túy	I _t	cm ⁴	0,0273
Mômen quán tính quạt	I _ω	cm ⁶	316,92
Mômen kháng uốn theo trục x	W _x	cm ³	15,83
Tọa độ tâm uốn	α _x	cm	-1,682

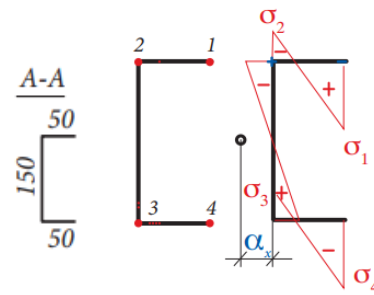


a. Tiết diện dầm. b. Biểu đồ tọa độ quạt.

Hình 5. Sơ đồ tính và sơ đồ chất tải trên tiết diện dầm (Tikhonov và nnk, 2020).



a) Mặt cắt ngang của tiết diện thành mỏng.



b) Biểu đồ ứng suất pháp.

Hình 6. Sơ đồ biểu diễn (Tikhonov và nnk, 2020).

Các ứng suất pháp lớn nhất $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$ phát sinh trong mặt cắt ngang chịu nội lực lớn nhất, nằm tại giữa nhịp, sẽ có giá trị khác nhau tại bốn điểm đặc trưng (1, 2, 3 và 4 tương ứng) của tiết diện ngang (Hình 6) và được xác định như sau:

$$\begin{aligned}\sigma_1 = \sigma_{x1} + \sigma_{\omega 1} &= -\frac{M_x}{W_x} + \frac{B_{\omega}}{I_{\omega}} \cdot \omega_1 \\ &= -\frac{400}{15,83} + \frac{865,53}{316,92} \cdot 24,9 \\ &= 42,7 \text{ kN/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_2 = \sigma_{x2} + \sigma_{\omega 2} &= -\frac{M_x}{W_x} - \frac{B_{\omega}}{I_{\omega}} \cdot \omega_2 \\ &= -\frac{400}{15,83} - \frac{865,53}{316,92} \cdot 12,6 \\ &= -59,7 \text{ kN/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_3 = \sigma_{x3} + \sigma_{\omega 3} &= \frac{M_x}{W_x} + \frac{B_{\omega}}{I_{\omega}} \cdot \omega_2 \\ &= +\frac{400}{15,83} + \frac{865,53}{316,92} \cdot 12,6 \\ &= 59,7 \text{ kN/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_4 = \sigma_{x4} + \sigma_{\omega 4} &= \frac{M_x}{W_x} + \frac{B_{\omega}}{I_{\omega}} \cdot \omega_1 \\ &= +\frac{400}{15,83} - \frac{865,53}{316,92} \cdot 24,9 \\ &= 42,7 \text{ kN/cm}^2\end{aligned}$$

Kiểm tra bền theo ứng suất pháp cho tiết diện có tính đến ảnh hưởng của thành phần bi mô men:

$$\begin{aligned}\text{Thép S275} \Rightarrow f_{yd} &= \frac{f_y}{\gamma_m} = 275 : 1,05 = \\ &= 261,1 \text{ MPa} = 26,1 \text{ kN/cm}^2\end{aligned}$$

+ Nếu không xét đến ảnh hưởng của bi mô men:

$$\frac{M_x}{W_x \cdot f_{yd} \cdot \gamma_c} = \frac{400}{15,83 \cdot 26,1 \cdot 1,1} = 0,88 \leq 1$$

=> đảm thỏa mãn điều kiện bền.

+ Nếu xét đến ảnh hưởng của bi mô men:

$$\begin{aligned}\frac{M_x}{W_x f_{yd} \cdot \gamma_c} + \frac{B_{\omega}}{I_{\omega} f_{yd} \cdot \gamma_c} \omega_2 \\ &= \frac{400}{15,83 \cdot 26,1 \cdot 1,1} + \frac{865,53}{316,92 \cdot 26,1 \cdot 1,1} = 2,07 > 1\end{aligned}$$

Vậy khi xét đến ảnh hưởng của bi mô men đảm không bền. Từ kết quả tính bền cho hai dầm

thép ví dụ 1 và ví dụ 2 cho thấy thành phần bi mô men gây ảnh hưởng lớn hơn đối với dầm có tiết diện hở. Vì vậy cần thiết phải tính toán đến ảnh hưởng của thành phần này khi tính toán bền cho các dầm thép chịu ảnh hưởng xoắn kiểm chế nhằm phản ánh đúng sự làm việc của kết cấu.

Ví dụ 3. Cho dầm có tiết diện hình hộp như ví dụ 1 tính liên kết cánh và bụng dầm, sử dụng phương pháp hàn tự động, sử dụng đường hàn góc (liên kết phần cánh và bụng dầm), hàn thấu hết chiều dày bản bụng. Tính chiều cao đường hàn.

Thép S275 nên chọn que hàn E43, đường kính que hàn $d = 3 \div 5 \text{ mm}$, có thông số: $f_{wf} = 180 \text{ MPa}$; $f_u = 410 \text{ MPa}$; $f_{ws} = 0,45 \cdot 410 = 184,5 \text{ MPa}$ (Bộ khoa học và Công nghệ, 2020).

Hàn tự động: $\beta_f = 1,1$; $\beta_s = 1,15$.

Lực trượt trên một đơn vị chiều dài giữa cánh và bụng dầm là:

$$T = \frac{V_{max} S_f}{2 I_x} = \frac{(840 + 48,22) \cdot (5,5 \cdot 0,70)}{2,3 \cdot 085 \cdot 458,33} = 2,7 \text{ kN/cm}$$

Xét tỉ số $\frac{\beta_f f_{wf}}{\beta_s f_{ws}} = \frac{1,1 \cdot 180}{1,15 \cdot 184,5} = 0,933 < 1$ nên đường hàn phá hoại theo kim loại đường hàn. Chiều cao đường hàn cánh và bụng dầm thỏa mãn điều kiện:

$$h_f > \frac{T}{\beta_f f_{wf} \gamma_c} = \frac{2,7}{1,1 \cdot 180 \cdot 1,1} = 0,12 \text{ cm} = 1,2 \text{ mm}$$

Do $t_{\min} = 10 \text{ mm}$ nên chọn chiều cao đường hàn là $h_f = 10 \text{ mm} < 1,2 \cdot t_{\min} = 12 \text{ mm}$.

4. Kết luận

Bài báo đã phân tích các điểm mới quan trọng trong TCVN 5575:2024 bao gồm: phân cấp cấu kiện, mức và cường độ tính toán của vật liệu thép, yêu cầu thiết kế liên kết, hệ số độ tin cậy cũng như kiểm tra độ bền của cấu kiện chịu uốn có xét đến phân cấp cấu kiện và ảnh hưởng của thành phần bi mô men đối với cấu kiện chịu xoắn kiểm chế. Những cập nhật này giúp tiêu chuẩn tiệm cận hơn với các quy chuẩn quốc tế, đồng thời nâng cao mức độ an toàn và tối ưu hóa thiết kế trong lĩnh vực kết cấu thép. Thông qua việc phân tích và so sánh các nội dung mới của TCVN 5575:2024, bài báo đã thực hiện kiểm toán điều kiện bền theo ứng suất pháp và ứng suất tiếp đối với dầm đơn giản cấp 1 có tiết diện kín hình hộp chữ nhật và 1 dầm thép hình chữ C (I), có xét đến ảnh hưởng của thành phần bi mô men, kết quả phân tích cho thấy ảnh hưởng đáng kể của ứng suất do thành phần bi mô

men gây ra đến kết quả kiểm tra bền cho cấu kiện thép. Ngoài ra, bài báo cũng tiến hành thiết kế liên kết hàn cho dầm hộp tiết diện kín theo hướng dẫn của TCVN 5575:2024. Kết quả và nội dung trình bày trong bài báo là tài liệu tham khảo hữu ích cho sinh viên và kỹ sư ngành Kỹ thuật xây dựng trong quá trình học tập, thiết kế và thi công công trình thép phù hợp với TCVN 5575:2024.

Đóng góp của tác giả

Phạm Thị Nhân - thực hiện toàn bộ nội dung bài báo từ ý tưởng, nghiên cứu số liệu và viết bản thảo bài báo.

Tài liệu tham khảo

- American Institute of Steel Construction. (2016). *ANSI/AISC 360-16: Specification for structural steel buildings*. AISC.
- Bộ Khoa học và Công nghệ. (2000). *TCVN 3223:2000 - Que hàn điện dùng cho thép cacbon thấp và thép hợp kim thấp - Ký hiệu, kích thước và yêu cầu kỹ thuật chung*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- Bộ Khoa học và Công nghệ. (2012). *TCVN 5575:2012 - Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế*. <https://caselaw.vn/van-ban-phap-luat/251362-tieu-chuan-quoc-gia-tcvn-5575-2012-ve-ket-cau-thep-tieu-chuan-thiet-ke-nam-2012>.
- Bureau, A. (2010). NCCI: *Elastic critical moment for lateral torsional buckling (SN003b-EN-EU)*. CTICM/Access Steel (Eurocode 3 - NCCI).
- European Committee for Standardization. (2006). *Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-3: General rules - Supplementary rules for cold-formed members and sheeting*. CEN.

Hoàng, V. Q., Hàn, N. Đ., & Nguyễn, H. N. (2024). *Ví dụ tính toán kết cấu thép*. Nhà xuất bản Xây dựng.

Lalin, V. V., Rybakov, V. A., & Morozov, S. A. (2012). Finite element analysis for the calculation of thin-walled beam systems. *Magazine of Civil Engineering*, (1), 61-70.

Ministry of Construction of the Russian Federation. (2017a). SP 16.13330.2017: *Steel structures (Updated edition of SNiP 23-81)*. Moscow, Russia.

Ministry of Construction of the Russian Federation. (2017b). SP 294.1325800.2017: *Design of steel structures for high-temperature technological equipment*. Moscow, Russia.

Nguyễn, H. S. (2023). Một số vấn đề khi thiết kế kết cấu tạo hình ngội theo EN 1993-1-3. *Tạp chí Xây dựng*, 113-119.

Steel Construction Institute. (2004). *Non-contradictory complementary information SN007b-EN-EU NCCI*. The NBS Publication Index. <https://www.thenbs.com/publicationindex/documents/details?DocId=322818&Pub=SCI>

Tikhonov, S. M., Alekhin, Vss. N., & Belyaeva, Z. V. (2020). *Design of steel structures*. Pero Publishing House.

Viện Tiêu chuẩn Chất lượng Việt Nam. (2024). *TCVN 5575:2024 - Thiết kế kết cấu thép*. <https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+5575%3A2024&utm>

Vũ, L. Q. (2023). Tính toán xoắn kiểm chế thanh thành mỏng tiết diện hở. *Tạp chí Xây dựng*, 43-45.